

# ВЛИЯНИЕ МЕТАНОВЫХ ВЫБРОСОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИДОННОЙ ВОДЫ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Ворожейкина Е.А.

Научный руководитель – доцент Гусева Н.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

Метан значительно влияет на потепление климата и является важным «парниковым» газом в климатической системе. Выбросы метана в водную толщу могут быть связаны с процессами образования метана анаэробными археями и бактериями, а также газогидратосодержащими отложениями. Значительное количество метана хранится в виде газового гидрата, который представляет собой ледоподобное кристаллическое соединение, образованное, в основном метаном, в условиях низкой температуры и высокого давления [6]. На сегодняшний день доказано, что Восточно-Сибирский арктический шельф является одним из самых крупных современных источников атмосферного метана [2]. Одним из известных районов метановых сипов на территории Арктики является море Лаптевых.

На фоне продолжающегося таяния подводной вечной мерзлоты на шельфе Восточной Арктики изучение химического состава придонной воды является важной задачей для оценки климатических биогеохимических изменений. Придонная вода – это среда с определенным химическим составом и высокой миграционной способностью микрокомпонентов [1], которые могут быть использованы в качестве индикаторов изменения окислительно-восстановительных условий среды в областях эмиссии метана и его дальнейшем анаэробном окислении (АОМ). Метан, поступающий в морскую воду, влияет на систему «вода-порода-газ-органическое вещество» (В.И. Вернадский). В связи с этим, целью работы является сравнительный анализ химического состава придонной воды моря Лаптевых на станциях в области эмиссии метана и на фоновой станции (вне области метановых сипов).

Данные, используемые в работе, были получены в сентябре-октябре 2019 года в ходе 78-ой экспедиции на научно-исследовательском судне «Академик Мстислав Келдыш». Образцы придонной морской воды были отобраны батометрами путём зондирования комплексов «Rosette». Отобрано три пробы придонной морской воды с глубины 29,3 м и две пробы с глубины 20,3 и 20,4м на станции, расположенной в районе эмиссии метана. Химический анализ проб воды был выполнен в ПНИЛ гидрогеохимии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета методами потенциометрии, титриметрии, ионной хроматографии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

По химическому составу морская придонная вода является хлоридной натриевой, как в фоновых придонных водах, так и в областях эмиссии метана (табл.1).

**Таблица 1**

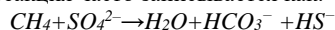
*Химический состав морской придонной воды на фоновой и аномальной станциях в море Лаптевых*

№	Глубина отбора	T	pH	M*	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Br <sup>-</sup>
ед.изм-ния	м	°C	ед.pH	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
1	29,3	-0,3	8,23	30100	162	2074	16821	280	1003	9634	163	63
2	20,3	0,27	8,13	28100	158	1904	15586	250	946	8839	297	52
3	20,4	0,27	8,07	27960	165	1720	15829	183	987	8954	226	52

M\*-минерализация

Температура придонных вод изменяется от -0,3 до 0,27°C. Разгрузка метана влияет на геохимические условия придонных морских вод, как следствие, изменение основных параметров водной среды и концентраций некоторых компонентов химического состава. По кислотно-щелочным свойствам морская придонная вода является слабощелочной, pH составляет, в фоновой станции - 8,23, а в сиповой точке опробования - 8,13.

Анаэробное окисление метана играет важную роль в глобальном цикле углерода, так как является одним из естественных механизмов, ограничивающих поступление метана в атмосферу. Анаэробное окисление метана в сочетании с бактериальной сульфатредукцией контролирует выброс метана из донных отложений в морскую воду. Общая реакция часто записывается как:



Вследствие АОМ, увеличивается общая щёлочность придонных морских вод. Общая щёлочность составляет 2,65/161,65 на глубине 29,3 в точке опробования фоновой станции, 2,95/180 на глубине 20,3м и 2,71/165,3 на глубине 20,4м в сиповой точке опробования. В областях эмиссии метана, вследствие разгрузки газа, формируется сульфат-метановая транзитная зона, в которой происходит смена геохимических условий водной среды, где нисходящий сульфат восстанавливается метаном до сероводорода. В морских придонных водах концентрации сульфат-иона составляют 2074 мг/л, а на станции, в районе выбросов метана, они имеют меньшие значения 1904 мг/л. При этом относительно содержания иона хлора другие анионы сохраняют близкие соотношения как в водах фоновой, так и на станции в области эмиссии метана. Концентрации кальция, магния и натрия в водах на исследуемых станциях, изменяется незначительно, однако наблюдается постепенное снижение концентраций Mg<sup>2+</sup> и Ca<sup>2+</sup> на станции в районе

эмиссии метана. Поведение калия, также демонстрирует схожую тенденцию. Концентрации калия в придонных водах сиповой станции выше, чем на фоновой, 297 мг/л и 163 мг/л, соответственно.

Эмиссия метана в море Лаптевых оказывает значительное влияние на геохимическую обстановку, и как следствие, на химический состав придонной воды, которая представляется специфической средой с определенным химическим составом и высокой миграционной способностью некоторых компонентов, поведение которых определяется биогеохимическими процессами, происходящими в придонных морских водах в местах выхода метана (сульфатредукция, анаэробное окисление метана, аутигенное минералообразование). Увеличение щёлочности воды, снижение концентрации сульфат-иона, катионов ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^{+}$ ) способствуют осаждению аутигенных минералов. Таким образом, при исследовании химического состава придонной воды, были выявлены закономерности в поведении основных компонентов воды, реагирующие на смену окислительно-восстановительных условий, и их последующим влиянием на состав донных отложений моря Лаптевых.

*Работа выполнена при поддержке государственной программы РФ «Наука» Проект FSWW-0022-2020*

#### Литература

1. Розанов А. Г. Обмен химическими компонентами на границе вода – дно // Химия морей и океанов. М.: Наука, 1995. С. 307–328.
2. Шахова, Н.; Семилетов, И.; Leifer, I.; Салюк, А.; Рекант, П.; Космач Д. Геохимические и геофизические свидетельства выделения метана над Восточно-Сибирским арктическим шельфом. J. Geophys. Res. Океан. 2010, 115.
3. Betts, J. N. & Holland, H. D. The oxygen content of ocean bottom waters, the burial efficiency of organic carbon, and the regulation of atmospheric oxygen. Paleogeogr. Paleoclim. Paleocol. 97, 5–18 (1991).
4. Jorgensen B.B., Weber A., Zopfi J. (2001) Sulfate reduction and anaerobic methane oxidation in Black Sea sediments. Deep-Sea Res. 48(PI), 2097–2120.
5. Semiletov I., Shakhova N., Romanovsky V., Pipko I.I. Methane Climate Forcing and Methane Observations in the Siberian Arctic Land-Shelf System // World Resource Review. 2004. V. 16. P. 503–542.
6. Schulz H.D. Quantification of early diagenesis: dissolved constituents in marine pore waters // Marine Geochemistry. Springer, Berlin, Heidelberg, 2000. S. 87–128.
7. Wang, X.J., Hutchinson, D.R., Wu, S.G., Yang, S.X., Guo, Y.Q., 2011a. Elevated gas hydrate saturation within silt and silty clay sediments in the Shenhu area, South China Sea. J. Geophys. Res. 116 (B05102).

### МИКРОАССОЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ ПО ДАННЫМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Дребот В.В.<sup>1,2</sup>

Научный руководитель - профессор О.Е. Лепокурова <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

Территория юго-восточного Забайкалья известна, прежде всего, широким распространением разнообразных по своему составу и солености озер, однако, предыдущие исследования [1–8] показали, что, и локально имеющие гидравлическую связь с поверхностными подземные воды, отличаются подобным разнообразием. Так, было установлено, что здесь в пределах сравнительно небольшой площади (около 3000 км<sup>2</sup>) благодаря засушливому

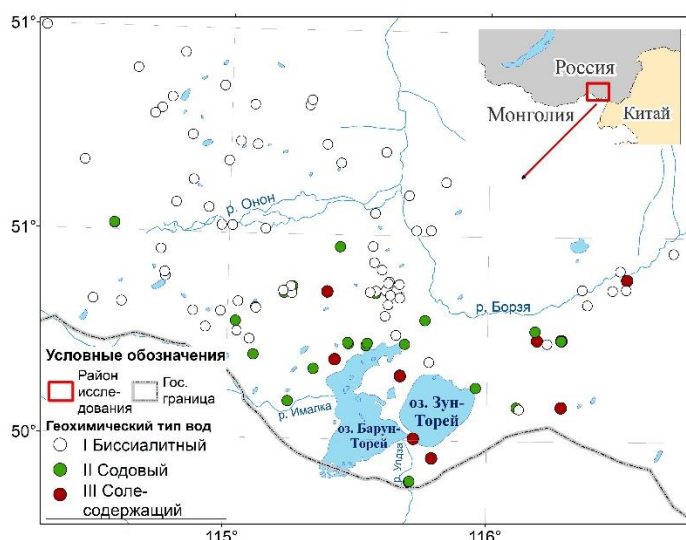


Рис. 1 Обзорная карта района исследований

климату, существующим геолого-геоморфологическим условиям, наличию трещиноватых вулканогенных структур, обеспечивающих смешение вод, а также степени взаимодействия в системе-вода порода сформировались три геохимических типа вод: содовый, кремнистый и солесодержащий (рис. 1). Все они отличаются по химическому составу, pH и солёности, а также степени удаленности от озер. Кроме того, район исследования является частью Государственного природного биосферного заповедника «Даурский», входящего с 2017 г. в список всемирного наследия ЮНЕСКО, служит местом обитания многих редких видов животных, а также является развитым сельскохозяйственным регионом, а существующая проблема содового засоления вод может оказывать негативное воздействие на устойчивость этой уникальной экосистемы. Все это делает район уникальным в отношении